

LA TECTÓNICA PIRENÁICA EN RELACIÓN CON LA EVOLUCIÓN ALPINA DEL MARGEN NORIBÉRICO

A.G. Megías (*)

(*)REPSOL EXPLORACIÓN, S.A. Pez Volador, 2 - 28007 Madrid.

RESUMEN

Los datos geológicos actuales sobre la Cadena Pirenáica a nivel superficial, de subsuelo (perfiles sísmicos y sondeos petroleros) y profundo (programa ECORS) permiten reconstruir el margen noribérico pirenaico encuadrándolo en un modelo extensional asimétrico en relación con una zona de cizalla cortical de bajo ángulo inclinada hacia el norte (o el NE).

Este modelo explica con relativa coherencia la paleogeografía mesozóica post-jurásica, el metamorfismo térmico albo-cenomaniense, así como —durante la orogénesis— el emplazamiento de las peridotitas y la obligada inmersión de la Placa Ibérica bajo la Europea. Finalmente, la atribución del sustrato alóctono de las cuencas surpirenaicas (y vasco-cantábricas) a la Placa Europea, es una consecuencia inmediata.

Palabras clave: Cadena Pirenáica, tectónica pirenaica, placa ibérica, margen noribérico, modelo extensional asimétrico.

ABSTRACT

All the available surface, subsurface (seismic profiles and oil drills), as well as the recently acquired deep data (ECORS Program) of the Pyrenean Range, allow the reconstruction of the North Iberian Pyrenean margin as an asymmetric extensional belt related to a north- or northeastdipping low-angle detachment shear zone.

This model provides a coherent explanation of the post-Jurassic Mesozoic paleogeography, the Albian-Cenomanian thermal metamorphism, and —during the orogenic period— the peridotite emplacement and the underthrusting of the Iberian plate by the European plate. An immediate consequence of this model is the interpretation of the allochthonous basement of the South Pyrenean (and Basque-Cantabrian) Basins as belonging to the European plate.

Key words: Pyrenean Range, Pyrenean tectonics, Iberian plate, North-Iberian margin, asymmetric extension.

Megías, A.G. (1988): La tectónica pirenaica en relación con la evolución alpina del Margen Noribérico. *Rev. Soc. Geol. España*, 1, 365-372

Megías, A.G. (1988): Pyrenean tectonics related to alpine evolution of the North Iberian Margin. *Rev. Soc. Geol. España*, 1, 365-372

1. INTRODUCCIÓN

La reconstrucción del margen septentrional de Iberia pasa, ineludiblemente, por el conocimiento de la estructura de la Cadena Pirenáica. Actualmente el cúmulo de datos es importante, tanto a nivel superficial como a nivel de subsuelo (sísmica reflexión, sondeos petroleros) e incluso a nivel de la corteza continental (programa ECORS). Por otro lado, en las zonas limítrofes, tales como la cuenca vasco-cantábrica, áreas "off-shore" del Golfo de Vizcaya y margen atlántico, se dispone de una notable información de geología de superficie y de

subsuelo (exploración petrolífera, estudios oceanográficos, etc.).

El objetivo de la presente nota es intentar, a partir del conocimiento actual de la estructura pirenaica, reconstruir el margen noribérico alpino, y, como consecuencia, conocer algo más sobre en qué tipo o tipos de dispositivos tectónicos se acumularon los diferentes sistemas deposicionales de este borde continental. Para ello el análisis de la estructura pirenaica lo vamos a abordar desde tres escalas diferentes: a nivel del afloramiento (geología de superficie), a nivel de subsuelo (sísmicas y sondeos petroleros) y a nivel profundo (corteza continental).

2. ESTRUCTURA PIRENÁICA A NIVEL SUPERFICIAL Y DE SUBSUELO.

Con respecto a la estructura de los Pirineos, la geología de superficie —sobre la que hay una abundante bibliografía— nos muestra una Cadena con una cierta simetría en abanico; es decir, con vergencias norte y vergencias sur. En ella se observa un elemento estructural conocido como “Zona Norpirenáica” cuya trascendencia o importancia en la evolución de la cadena es controvertida.

Sobre la vertiente norpirenáica, al menos en líneas generales, no existen grandes problemas en cuanto a la vergencia septentrional de las estructuras y a la edad paleógena de las mismas. Sin embargo, sobre la vertiente surpirenáica hay actualmente una importante discrepancia por lo que respecta a las vergencias estructurales y a la edad de las mismas. Básicamente existen dos posiciones o hipótesis bien distintas:

a) Según Seguret (1970) la vertiente surpirenáica se caracteriza por una vergencia generalizada hacia el sur. Las series mesozoicas despegadas y corridas hacia el sur habrían llegado a experimentar importantes desplazamientos (v.g. 50 km la Cuenca de Graus-Tremp). En esta interpretación las unidades de Cotiella y Pedraforca estarían originariamente situadas al norte sobre el actual emplazamiento del Paleozóico de la llamada Zona Axial. Según esta hipótesis, el estilo y geometría de las deformaciones se encuadraría dentro de un acortamiento general sensiblemente N-S de edad E O-Oligocena.

b) Según Megías (1982) la estructuración alpina de la vertiente surpirenáica se debe a la interferencia de dos fases tectónicas de características bien diferentes:

Primera fase:

Su actuación ocupa la mayor parte del Eoceno, caracterizándose por una dirección de movimiento aproximadamente E-W y por una organización en juegos de cabalgamientos divergentes. Así se llegan a generar mantos de corrimiento de vergencia W (v.g. Cotiella, Boltaña, etc.) y de vergencia E (v.g. Pedraforca Cadi, etc.). Las superficies de cabalgamiento de las unidades de igual vergencia (v.g. Cotiella y Boltaña) responden al tipo de “secuencias progradantes” (*piggy-back thrusting sequence*) donde el Paleozóico parece estar implicado. El acortamiento general E-W para la fase eocena se podría estimar en un mínimo de 70 a 80 km. Como consecuencia de este proceso, las cuencas mesozoicas (Graus-Tremp, Cantábrica y Rosas) tienden a emerger, y los altos relativos, en posición lateral, pasan a ser las nuevas áreas de sedimentación donde se acumulan importantes espesores de sedimentos detríticos de carácter turbidítico (v.g. cuencas de Jaca y Olot; Megías, 1982).

Segunda fase:

Actuó durante el Oligoceno, caracterizada por un cambio brusco de la dirección de movimiento, que pasa a ser NW-SE, y vergencia generalizada de las estructuras hacia el sur. El rasgo estructural más importante sería el Cabalgamiento Frontal Surpirenáico, que constituye una superficie mecánica que, partiendo de su frente (Sierras Exteriores), se hunde suavemente hacia el norte penetrando en el zócalo paleozóico, y cuyo desplazamiento mínimo puede estimarse (según las transversales) en unos 30 o 40 km (fig. 2C).

Este cabalgamiento, en su ascenso hacia el sur, corta claramente a los cabalgamientos y pliegues de la fase anterior (fase eocena). Diversas líneas sísmicas son especialmente demostrativas de estas interferencias. Se deberían a esta fase las estructuras E-W del Sinclinatorio del Guarga, la espectacular discordancia progresiva de los conglomerados oligocenos de Sant Llorenç de Morunys, el cabalgamiento frontal de las Sierras Exteriores aragonesas y catalanas, etc. Las importantes deformaciones que acompañan a esta fase serían responsables, en gran medida, del enmascaramiento de la fase eocena.

c) La oposición más fuerte a la segunda hipótesis nace de aquéllos que consideran a la gran Unidad de Graus-Tremp (150×50 km) como de procedencia septentrional, limitada lateralmente por dos rampas que, en su desplazamiento hacia el sur, generarían los cabalgamientos y estructuras de vergencia lateral centrífuga; es decir, hacia el E y W, respectivamente (Seguret, 1970).

El análisis de una serie de aspectos geológicos es desfavorable, e incluso excluyente del modelo de rampas laterales; así, por ejemplo, es de edad bien diferente la colocación de las unidades homólogas, en posición lateral, de Cotiella y Pedraforca (criterio cronológico); los cortes estructurales tanto N-S como E-W no corresponde a un modelo de rampas laterales (criterio estructural); las superficies mecánicas basales de Boltaña y unidades afines más orientales son cortadas por el Cabalgamiento Frontal Surpirenáico (criterio geométrico de no simultaneidad).

Por otra parte, la interpretación de las unidades de Los Nogueras (Paleozóico + Permotrias) por Seguret (1970) como “têtes plongéantes” puede ahora ser explicada como unidades para autóctonas resultantes de la sobreimposición de las estructuras de dos fases: la primera implicaría un modelo en “duplex” donde la geometría de los “sigmoides” (“horses”) manifestarían el desplazamiento hacia el Este sobre una rampa ascendente en ese mismo sentido (figs. 1A y 1B). En la segunda fase se produciría un basculamiento hacia el sur de la Zona Axial del

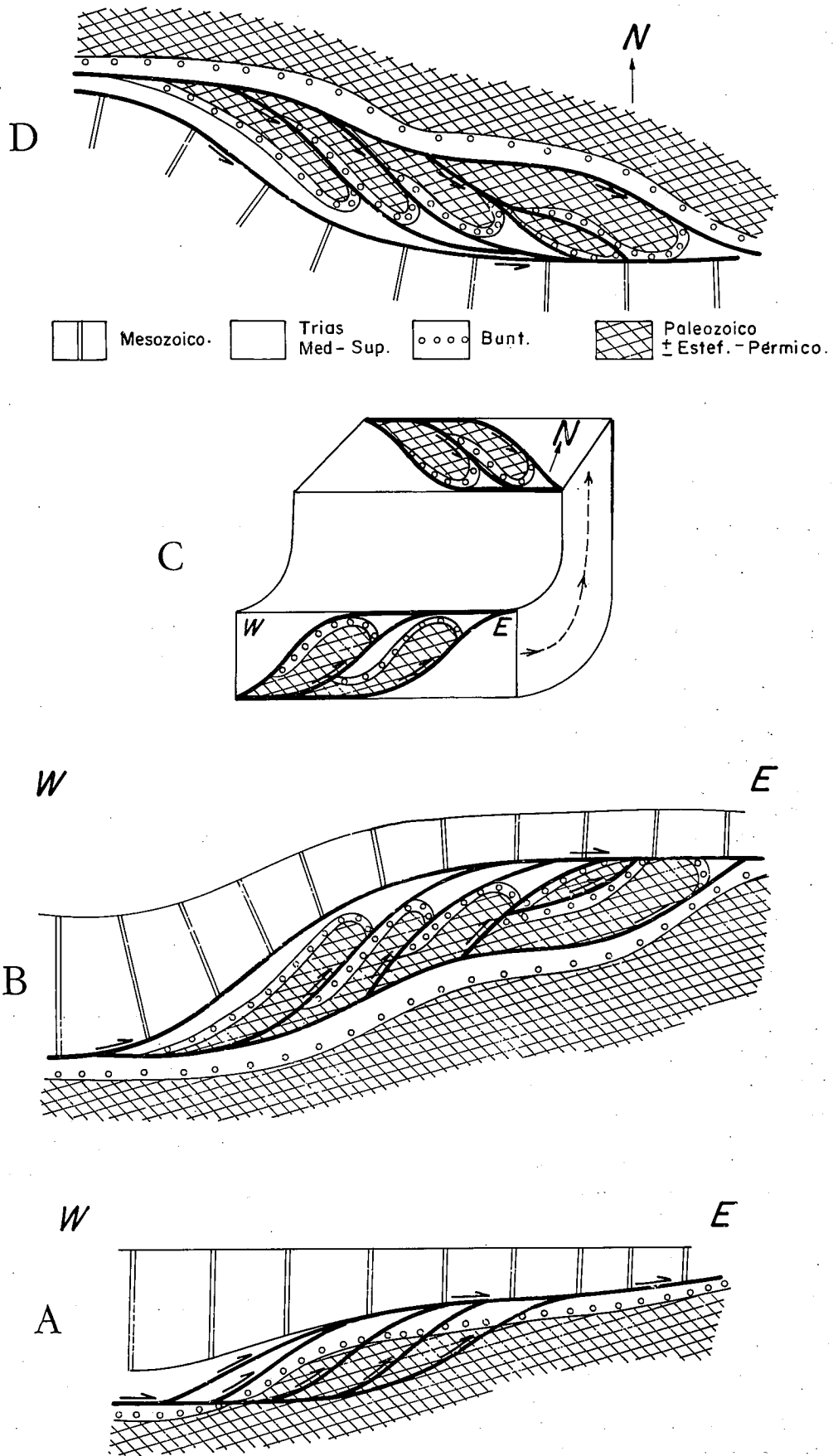


Fig. 1.—Interpretación tectónica hipotética de la Zona de Los Nogueras. A y B: “duplex” originados durante la fase eocena. C: basculamiento de los “duplex” hacia el sur durante la fase oligocena. D: cartografía esquemática actual de la Zona de Los Nogueras.

Fig. 1.—Hypothetic tectonic interpretation of the Nogueras Zone. A and B: duplexes formed in the Eocene tectonic phase. C: Southwards tilting of the duplexes in the Oligocene. D: schematic mapping of the present Nogueras Zone.

que resultaría la subverticalización de los ejes de los pliegues de la fase precedente, de donde las "têtes plongéantes" se conciben como pliegues con superficies axiales subverticalizadas (figs. 1C y 1D).

3. ESTRUCTURA PIRENÁICA A ESCALA DE LA CORTEZA.

La primera "radiografía" sísmica de la Cadena Pirenáica es ya un hecho. Un primer punteado del perfil sísmico fue presentado en Estrasburgo, Abril 1987, por el equipo del programa ECORS. Actualmente, una Nota científica, sometida a Nature, expone los principales datos y conclusiones (Ecors Pyrenees team, 1988).

El resultado más sobresaliente que se deduce del perfil ECORS es, sin lugar a dudas, la configuración geométrica del Moho a uno y otro lado de los Pirineos, que confirma en parte algunos datos previos al programa ECORS referentes al decalaje de 15 km de la Moho bajo la zona norpirenáica (Daignières *et al.*, 1981 y 1982). Con estos datos podemos constatar, con casi absoluta certeza, la inmersión de la placa ibérica bajo la europea, o, al menos, la innegable tendencia a ello.

Evidentemente, esta geometría cortical acota la gama de posibilidades de interpretación invalidando algunos de los modelos propuestos anteriores al programa ECORS (Boillot y Capdevilla, 1977; Deramond *et al.*, 1985), así como creando dificultades apreciables a otras interpretaciones (Mattauer, 1968; Choukroune, 1976; Seguret y Daignères, 1986).

4. HIPÓTESIS SOBRE LA ESTRUCTURA CORTICAL PRE-OROGÉNICA PIRENÁICA.

De todos los posibles modelos sobre la estructura cortical del dominio pirenaico pre-orogénico, son los modelos de extensión asimétricos (Wernicke, 1985; Lister *et al.*, 1986), los que mejor explican la evolución de la cuenca pirenaica durante parte de su etapa distensiva (Cretácico inferior a medio).

En efecto, los citados modelos responden de manera más simple y coherente a una serie de problemas que la Cadena Pirenáica tiene planteados; a saber:

- El emplazamiento de las peridotitas y granulitas.
- Disconformidad tectónica entre niveles someros y niveles profundos de la corteza.
- Paleogeografía compleja del Mesozoico post-Jurásico.

a) *Emplazamiento de las peridotitas y granulitas.* Materiales de origen profundo (peridotitas y granulitas) afloran actualmente en la zona norpirenáica. Su emplazamiento presenta serios problemas que el modelo Wernicke (1985) y muy especialmente el de Lister *et al.*, (1986), pueden resolver de manera relativamente simple. En la fig. 2A representamos el estadio anterior al inicio de la distensión cortical con indicación de

la hipotética geometría de las futuras fallas. La fig. 2B, un estadio relativamente evolucionado del proceso de extensión cortical alboronaniense, nos muestra la situación de las peridotitas en posición subflorante, lo que justifica la existencia de un flujo térmico anómalo responsable del metamorfismo térmico que afecta actualmente a una estrecha franja de la zona norpirenáica.

Esta misma posición alta de las peridotitas (y granulitas) explicaría con relativa facilidad el posterior emplazamiento de las mismas (y materiales mesozóicos metamórficos) durante la etapa compresiva, en su posición actual. El cabalgamiento principal, ascendente hacia el sur, reutilizaría en gran parte la zona de cizalla distensiva anterior, mientras que el cabalgamiento hacia el norte, cabalgamiento Norpirenaico, representaría un retocabalgamiento ("back thrusting") responsable de la colocación de materiales del manto superior en posición supracortical (fig. 2C).

b) *Disconformidad tectónica a nivel somero y profundo*

El punteado del perfil sísmico presentado en Estrasburgo por el equipo ECORS muestra, de manera incuestionable, la tendencia a la inmersión de la Placa Ibérica bajo la Europea. Por otro lado, la geología de superficie constata, a niveles someros, la doble vergencia estructural, según una geometría en abanico con el flanco sur más desarrollado. El plano axial de esta doble vergencia se suele situar en el borde meridional de la Zona Norpirenaica (ZNP).

Recientemente la ZNP se considera alóctona y corrida hacia el Norte sobre la Plataforma de Aquitania (Williams y Fischer, 1984; Souquet y Peybernés, 1987). Esta interpretación implica que toda la ZNP, incluida la Falla Nor-Pirenaica (FNP) se ha trasladado hacia el norte sobre la superficie mecánica del Cabalgamiento Frontal Norpirenaico (CFNP).

En esta misma línea, los macizos paleozoicos de la ZNP podrían ser parte de bloques lístricos de la placa superior, gestados durante la extensión cortical, y posteriormente trasladados hacia el norte. La presencia en la ZNP de fallas distensivas dúctiles basculadas (Saint-Blanquat *et al.*, 1986) y anteriormente interpretadas como inversas, abogan en favor de esta hipótesis.

c) *Paleogeografía Mesozóica post-Jurásica.*

Los modelos de extensión cortical de carácter asimétrico en relación con cizallas corticales de bajo ángulo (Wernicke, 1975; Lister *et al.*, 1986), parecen ser los que mejor explicarían la evolución de las cuencas mesozóicas post-jurásicas. En la fig 3A viene representando lo que serían los distintos dominios de la cuenca pirenaica según una transversal SW-NE. En primer lugar

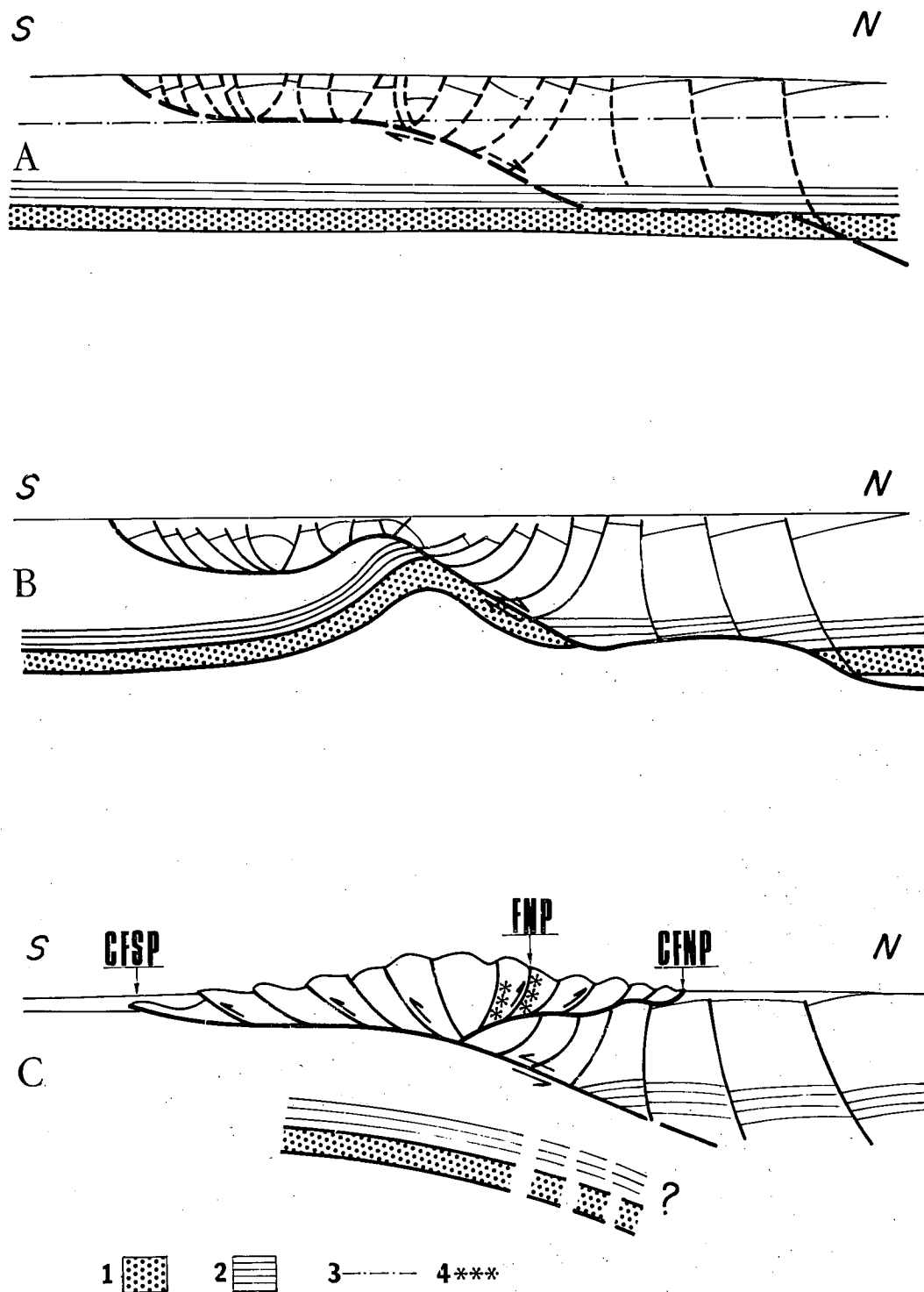


Fig. 2.—Esquema idealizado sobre la evolución cortical alpina del Pirineo. A: estadio previo a la distensión cortical cretácica. B: estadio evolucionado de la distensión. C: estadio posterior a la compresión oligocena. (CFNP, Cabalgamiento Frontal Norpirenaico; FNP, Falla Norpirenaica; CFSP, cabalgamiento frontal surpirenaico). 1: manto superior (peridotitas); 2: corteza inferior laminada (granulitas); 3: límite frágil-dúctil; 4: peridotitas y granulitas alóctonas.

Fig. 2.—Idealized scheme of the Alpine crustal evolution in the Pyrenees. A: before the Cretaceous crustal extension. B: late extensional episode. C: after the Oligocene compressional episode (CFNP: North Pyrenean frontal thrust; FNP: North Pyrenean fault; CFSP: South Pyrenean frontal thrust; 1: upper mantle (peridotites); 2: beddel lower crust (granulites); Fragile-ductile boundary; 4: allochthonous peridotites and granulites.

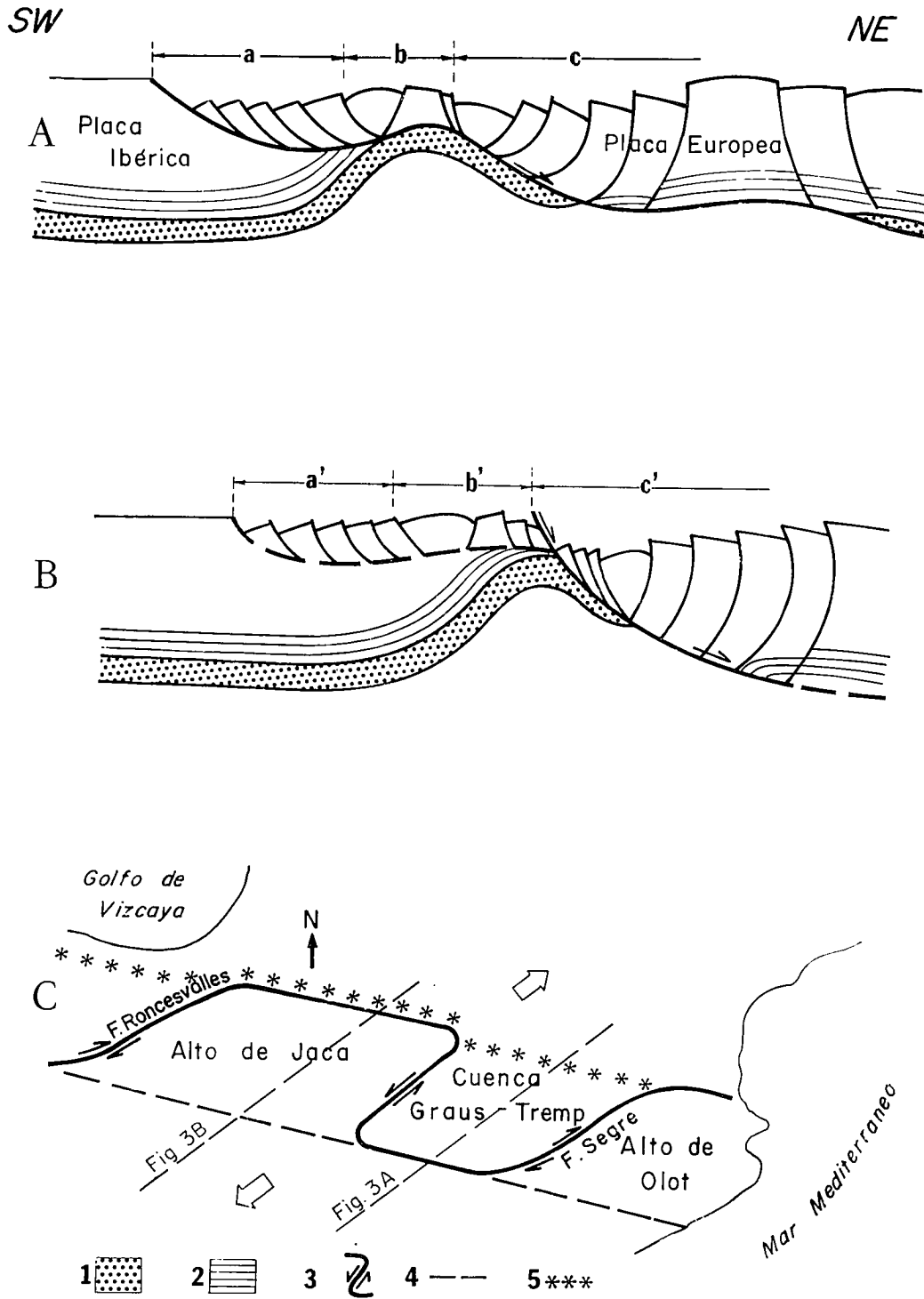


Fig. 3.— Esquema general de la distribución de cuencas y altos relativos de la vertiente surpirenaica durante la distensión cortical cretácica. A: evolución normal de la cizalla cortical. (a: Cuenca de Graus-Tremp; b: alto relativo de la zona axial; c: Cuenca norpirenaica). B: bloqueamiento del tramo superior de la cizalla cortical. (a': alto relativo de Jaca; b': alto relativo de la zona axial; c': cuenca norpirenaica). C: trazado en superficie de la cizalla activa y bloqueada. 1: manto superior; 2: corteza inferior laminada; 3: trazado de la cizalla activa; 4: trazado de la cizalla bloqueada; 5: bandas de metamorfismo térmico.

Fig. 3.— Generalized scheme of basins and relative highs in the southern slope of the Pyrenees during the Cretaceous crustal extension A: evolution of the crustal shear zone; (a: Graus-Tremp basin; b: Axial Zone high; c: North Pyrenean basin). B: blocking of the upper part of the crustal shear zone, (a': Jaca high; b': Axial Zone high; c': North Pyrenean basin). C: surface trace of the active and blocked shear zones; 1: upper mantle; 2: bedded lower crust; 3: trace of active shear zone; 4: trace of blocked shear zone; 5: thermal metamorphic belts.

tendríamos la cuenca de Graus-Tremp con una importante sedimentación cretácica, que pasaría hacia el norte a la Zona Axial (alto relativo, interno a la cuenca) con sedimentación somera del Albo-Cenomaniense, a continuación la cuenca Norpirenaica (potentes series detríticas y metamorfismo de alta temperatura), y finalmente la subida hacia el norte de la plataforma de Aquitania. Sin embargo, esta aparente simplicidad paleogeográfica y no se cumple en todas las transversales; así, las cuencas de Jaca y Olot (altos relativos durante la sedimentación cretácica) quedarían sin explicación. Una posible salida a esta dificultad consistiría en la hipótesis de trabajo siguiente: La extensión cortical cretácica actuaría según una dirección de movimiento NE-SW, según la cual la placa inferior (Placa Ibérica) se movería relativamente hacia el SW, mientras que la placa superior (Placa Europea) lo haría en sentido contrario. La actuación de fallas transversales (v.g. fallas de Roncesvalles y del Segre, así como otras de orientación similar detectadas por la sismica petrolera) a las directrices pirenaicas originarían "módulos" o bloques que quedarían más o menos desligados del proceso extensivo general (fig. 3B). Por otro lado, y en línea con esta hipótesis, la desigual actividad de la placa inferior o superior en su proceso de separación podría explicar el aparente decalaje de las bandas metamórficas de la Zona Norpirenaica y la Zona Vasco-navarra (Manto de los Mármoles) (fig. 3C).

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El distinto comportamiento estructural de la Cadena Pirenaica a niveles profundos y someros, respectivamente, es ahora más comprensible si partimos previamente de un modelo extensional simétrico afectando a la corteza entera. Este modelo define a uno y otro lado de la zona de cizalla cortical de bajo ángulo una placa inferior de una placa superior. Si el estado de creación de corteza oceánica no se llegara al alcanzar, y el proceso se invirtiera (acortamiento), el camino inverso quedaría prefijado (principio de la economía tectónica); es decir, la placa superior cabalgaría inexorablemente a la placa inferior. Este supuesto puede ser el caso del "rifting" pirenaico en el que el proceso extensivo alcanzó un punto crítico (sub-afloramiento del manto superior), pero sin llegar al estadio de oceanización propiamente dicho. Por el contrario, en el Golfo de Vizcaya la oceanización sí se produjo, y, en consecuencia la placa oceánica se sumerge durante la compresión bajo el margen noribérico occidental. Esta situación crea, evidentemente, un problema de conexión entre el Pirineo y el citado margen. Las posibles soluciones nos llevarían demasiado lejos de los objetivos de esta nota, por lo que el problema queda planteado.

Otro tema importante lo constituye el significado

de las fallas transversales del Segre y Roncesvalles. Su significado paleogeográfico y tectónico ha sido ampliamente debatido en la bibliografía pirenaica. La integración de estos accidentes en el modelo extensional asimétrico que hemos propuesto es relativamente fácil de concebir si los consideramos como fallas subverticales pertenecientes a la placa superior (dominio frágil de la corteza superior europea), y que, en profundidad, conectarán con la cizalla principal de bajo ángulo, no afectando, por consiguiente, a la placa inferior (o Placa Ibérica). La orientación de estas fallas sería, probablemente en su origen, más o menos paralela a la dirección de movimiento. El papel de estas fallas durante el proceso extensional consistiría en fragmentar la placa superior en bloques o "módulos" de corteza superior que quedarían más o menos precozmente desligados del proceso general. Evidentemente, las áreas activas darían lugar a las conocidas cuencas cretácicas vasco-cantábricas y Graus-Tremp, mientras que los bloques desconectados del proceso de alargamiento constituirían los altos intermedios conocidos actualmente como las cuencas eocenas de Jaca y Olot.

En línea con lo anteriormente expuesto, el decalaje entre las franjas metamórficas de la ZNP y de la Cuenca Vasco-cantábrica no se debería a la Falla de Roncesvalles (o de Bigorre), sino a la diferente ubicación del tumor asteosférico en función del grado de alargamiento entre la placa superior y la inferior (figs. 3A, 3B y 3C).

En cuanto a los diferentes y variados sistemas deposicionales alpinos desarrollados sobre el margen noribérico, podemos hacer las siguientes puntualizaciones:

- Posiblemente desde el Cretácico inferior, y ciertamente durante el Albo-Cenomaniense, la sedimentación tuvo lugar sobre un dispositivo extensional asimétrico en relación con una cizalla de bajo ángulo inclinada hacia el norte (o el NE). Este dispositivo parece haberse mantenido, aunque de manera más atenuada, hasta parte del Senoniense.
- Durante el Eoceno el margen noribérico entra en una etapa de acercamiento a la Placa Europea. Producto de este proceso serían los sistemas deposicionales turbidíticos de las cuencas de Ainsa-Jaca y Olot. Los análisis tectónicos (Megías, 1982) indican una dirección de movimiento cortical E-W, aspecto que los análisis sedimentológicos parecen corroborar.
- El acercamiento entre Iberia y Europa experimenta en el Oligoceno un cambio apreciable; la dirección de movimiento es de componente norte (probablemente NW-SE). Los materiales depositados de carácter continental se asientan en parte sobre las cuencas extrusionadas y preferentemente fuera de ellas (cuencas del Ebro y Duero).

Por último, y a manera de resumen, podemos de-

cir que los sistemas deposicionales marinos mesozóicos (post-jurásicos) del margen noribérico se depositan casi exclusivamente sobre la Placa Europea (placa superior), si exceptuamos el área ocenaizada del Golfo de Vizcaya. Es durante la etapa de compresión eocena

cuando las áreas de sedimentación se trasladan paulatinamente hacia el sur (a caballo entre las placas superior e inferior) para, finalmente, durante el Oligoceno, concentrarse casi prácticamente sobre Placa Ibérica (cuencas del Ebro y Duero).

BIBLIOGRAFÍA

- Boillot, G. y Capdevita, R. (1977): The Pyrenees: Subduction and Collision?. *Earth. Planet. Sci. Lett.*, 35: 151-160.
- Boillot, G.; Comas, M.C.; Gradeau, J.; Kornprobst, J.; Loreau, J.P.; Malod, J.; Mougnot, D. y Moullade, M. (1987): La Campaña Galinante del Sumergible "Nautile": Tres tipos de fondos marinos en la parte profunda del margen de Galicia. *Geogaceta*, 2: 54-56.
- Choukroune, P. (1976): Structure et évolutions tectonique de la zone nord-pyrénéenne. Analyse de la déformation dans une portion de chaîne a schistosité subverticale. *Mem. Soc. Géol. Fr.*, 127, 1-116.
- Daignières, M., Gallart, J.; Banda, E. y Hirn, A. (1982): Implications of the seismic structure for the orogenic evolution of the Pyrenean Range. *Earth. Planet. Sci. Letters*, 57: 88-100.
- Ecors Pyrenees team (1988). The Ecors deep reflection seismic survey across the Pyrenees. *Nature* 331: 508-511.
- Garrido-Megías, A., (1973): *Estudio geológico y relación entre tectónica y sedimentación del Secundario y Terciario de la vertiente meridional pirenaica, en su zona central*. Tesis Univ. Granada. 395 p.
- Lister, G.S.; Etheridge, M.A. y Symonds, P.A. (1986): Detachment faulting and the evolution of passive continental margins. *Geology*, 14: 246-250.
- Mattauer, M. (1968): Les traits structuraux essentiels de la Chaîne pyrénéenne. *Rev. Geor. Phys. Geo. Dyn.* 10: 3-11.
- Megías, A.G. (1981): Precisiones sobre la colocación del manto de Pedraforca (Pirineo oriental, España). *Estudios. Geol.*, 37: 221-225.
- Megías, A.G. (1982): Nueva hipótesis paleogeográfica sobre el Cretácico surpirenaico. *Cuad. Geol. Ibérica*, 8: 1005-1015.
- Megías, A.G. (en preparación). Las deformaciones eocenas en la vertiente surpirenaica: ensayo de interpretación.
- Pinet, B., Montardert, L. y ECORS Scientific Party (1987): *Geophys Jour. Roy. Astr. Soc.*, 89: 305-312.
- Saint-Blanquat, M., Brunel, M. y Mattauer, M. (1986): Les zones de cisaillement du massif Nord-pyrénéen du Saint-Berthélemy témoins probables de l'extension crustale d'âge crétacé. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 203, (II): 1339-1344.
- Seguret, M. y Daignières, M. (1986): Crustal scale balanced cross-sections of the Pyrenees. Discussion. *Tectonophysics*. 129: 303-318.
- Seguret, M., (1970): *Etude tectonique des nappes et séries décollées de la partie Centrale du versant sud des Pyrénées*. Thèse Univ. Montpellier. 224 p.
- Souquet, P. y Peybernes, B. (1987): Allochtonie des massifs primaires nord-pyrénéennes des Pyrénées Centrales. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 305, (II): 733-739.
- Wernike, B. (1985): Uniform-sense normal simple shear of the continental lithosphere: *Can. Jour. Earth Sic.*, 22: 108-125.
- Williams, G.D. y Fisher, M.W. (1984): A balanced section across the Pyrenean orogenic belt. *Tectonics*, 3: 773-780.

Recibido el 15 de enero de 1988
Aceptado el 29 de abril de 1988